

約 200 人参加し、講演や研究発表 2018 年度港湾技術報告会を開催

講演 「CIMによる建設生産・管理システムの変革」
矢吹信喜 大阪大学大学院工学研究科 教授

活動報告

東洋建設株式会社	土木事業本部土木技術部部長 国際支店ティラワ作業所副所長	和田 眞郷 相川 秀一
五洋建設株式会社	技術研究所土木材料チーム主任 土木本部船舶機械部長	水野 剣一 小嶋 正弘
若築建設株式会社	技術研究所 波浪・水理・施工・制御グループリーダー 九州支店	土屋 洋 小川 武洋
	東亜建設工業株式会社 北陸支店	中谷 健登

日本埋立浚渫協会は2018年度「港湾技術報告会」を8月6日に東京都千代田区のルポール麹町で開催しました。この報告会は、港湾技術と関連する分野の動向などを有識者にご講演いただくとともに、当協会の自主的な研究活動の成果などを紹介し、会員相互の技術向上を目指すことを目的として、毎年開いています。

今回は第1部として、大阪大学大学院工学研究科の矢吹信喜教授を講師にお招きし、「CIMによる建設生産・管理システムの変革」と題して講演をしていただきました。第2部では当協会の活動報告として、会員各社の技術者7人に、ここ1年積極的に外部に発信してきた調査研究の成果を発表してもらいました。報告会の参加者は約200人に上り、講演や発表の後には活発な質疑応答が行われました。

報告会の冒頭、当協会の福田功専務理事は、今年5月に協会活動の中長期ビジョン「確かな未来の構築に向けて～日本埋立浚渫協会の新たな活動展開～」を公表したことを紹介した上で、「担い手確保などの目標に向けて最大の推進力となるのは技術レベルの向上です。それがなければ生産性の向上や働き方改革は進みません。この技術報告会が実り多いものになることを期待しています」とあいさつしました。

矢吹教授は講演で、就業者の高齢化と担い手不足、労働生産性の低さ、重層構造など建設産業の抱える課題を指摘。3次元データを活用・共有するBIMが建築分野でプロジェクトの効率化やコスト削減につながっていると同様に、土木分野でもCIMが生産・管理システムを変革する大きな原動力になるとの見方を示



開会のあいさつをする福田専務理事



CIMについて講演する矢吹教授

しました。CIMを巡る国土交通省の取り組み状況や諸外国の動向も紹介し、今後は大学の土木工学系学科でシステム開発やデータベースなど情報技術に関する教育に力を入れることが必要だと強調。建設産業界としてCIMのツールを使いこなせる技術者を養成し、新たな時代の波に積極的に対応していくよう訴えました。

続く協会活動報告では、技術開発案件として東洋建設土木事業本部土木技術部部長の和田眞郷氏が「重力式係船岸増深工法の実用化に向けた実証実験」、五洋建設技術研究所土木材料チーム主任の水野剣一氏が「無線LANボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム技術」、i-Construction大賞受賞案件として若築建設技術研究所波浪・水理・施工・制御グループリーダーの土屋洋氏が「港湾工事におけるICT技術の活用事例：須崎港湾口地区防波堤築堤工事」のテーマでそれぞれ研究開発の成果を発表しました。

さらに国際事業案件として、五洋建設土木本部船舶機械部長の小崎正弘氏が「日本の浚渫技術と世界の実績」、東洋建設国際支店ティ

ラワ作業所副所長の相川秀一氏が「ミャンマーにおけるジャケット方式による栈橋構築」、官民若手交流関連として、東亜建設工業北陸支店の中谷健登氏が「沈埋函鋼殻内における充填コンクリート打設について」、若築建設九州支店の小川武洋氏が「海上における維持管理性、耐久性、耐震性の高いPCラーメン構造の実現」と題してそれぞれ発表を行いました。



約200人が参加した報告会

重力式係船岸増深工法の実用化に向けた実証実験

東洋建設株式会社
土木事業本部土木技術部部長 和田 眞郷



近年のコンテナ船やクルーズ船の大型化に対して既存係船岸を増深する検討事例が増加しています。そのため捨石マウンドの一部を可塑状グラウトで注入・固化し、捨石

を掘削することで法線位置を変更せずに重力式係船岸の増深を可能とする工法が日本埋立浚渫協会と港湾空港技術研究所の共同研究で開発されました。しかし当該工法は注入・固化に用いる可塑状グラウトの2次元注入実験を行った段階であり、可塑状グラウトの捨石注入時の球体状の改良体の造成や施工時の周辺海域に及ぼす影響に対する検証や、可塑状グラウ

ト注入後の捨石掘削など実施工上の課題については未検討でした。

そこで本実証実験では、容易に注排水できる京浜港ドックにて実大規模の捨石マウンドを構築し、捨石内へのグラウト注入や水中での潜水土による捨石掘削など増深施工手順を模擬した実証試験を行いました。その結果、可塑状グラウトは、適切なワーカビリティ、注入速度、および注入圧力を管理することで、球体の改良体が造成できること、改良後の水中での捨石掘削が施工可能であること、および掘削後の改良体が崩壊することなく法面が自立することを確認しました。

その後、改良体のコア観察、強度試験を実施し、グラウトが捨石空隙内に密実に充填されていること、所定の設計強度を満足することを確認し、当該工法が施工可能であることを確認しました。最後にドック内から排水して増深時の捨石斜面の状況の確認、および固結していない捨石を撤去して改良体出来形を計測することで、想定通りの形状・大きさの改良体の出来形を確認し、本工法の実用化に向けた成果を得ました。

無線LANボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム技術

五洋建設株式会社
技術研究所土木材料チーム主任 水野 剣一

近年、我が国の社会インフラは老朽化が進行しており、効率的かつ効果的な維持管理手法の構築とその活用が急務となっています。このため、国としてもSIP「戦略的イノベーション創造プログラム」の課題として、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」を設定しています。当社ではSIPに参加し、栈橋下面の目視調査の効率化に向け、無線LANボートによる調査診断システムを開発しましたので、その内容について紹介します。

従来の栈橋下面の目視調査は、小型船に数名の調査員が乗り込み、船上から写真撮影やスケッチ図を作成し、劣化状態を把握しています。栈橋下面は狭隘でかつ潮位



や波浪の影響を受けるため、調査時間が短くなり、点検者に多くの負担がかかっている状況にあります。

このため、栈橋上で無線LANボートを遠隔操作し撮影することで調査員が直接栈橋下部に立ち入らずに、安全に調査・診断することを可能としています。また、海上では波浪の影響を受けて動揺するため、撮影用のカメラには高性能のジンバル(動揺抑制装置)を搭載することで安定した画像取得を可能としています。

撮影した画像は、SfM/MVS(多視点画像からの3次元形状復元)を使用して3次元モデルを構築し、ひび割れ密度や剥落面積の有無、鉄筋の露出面積割合などを算定して、劣化度を自動で診断することが可能です。さらに、それらの情報を3次元モデルに取り込み維持管理やモニタリングできるシステムとなっています。

本システムを建設から45年経過した栈橋で検証した結果、調査効率は人員による従来方法に比べ約2.5倍であることや劣化度の自動判定結果と人員目視で判定した結果は概ね一致することを確認しました。

今後は本システムの積極的な展開とさらなる効率化を図るとともに、劣化予測や補修計画に有効活用したいと考えています。

港湾工事におけるICT技術の活用事例 — 須崎港湾口地区防波堤築造工事 —

若築建設株式会社
技術研究所 波浪・水理・施工・制御グループリーダー 土屋 洋



港湾工事におけるICTの活用事例として、平成29年度「i-Construction大賞」にて優秀賞を受賞した、四国地方整備局発注の須崎港湾口地区防波堤築造工事について紹介します。

本工事の被覆ブロック据付作業は、作業水深最大約18m、ブロック数量2,856個で、据付作業の効率化はもちろん、潜水作業における安全性の向上が求められました。そこで、ICT施工支援システム「潜水士位置監視機能搭載ブロック据付施工管理システム(WIT-B・Fix)」(以下、WIT-B・Fix)を活用することで、工程のクリティカルパスに影響の大きいブロック据付作業の効率と安全性を向上させ、工事全体の工程管理を確実なものとなりました。

WIT-B・Fixは、水中位置検知装置とGNSS機器で構成され、起重機船の位置と潜水士位置及びブロック等吊荷の位置を視覚化するものです。また、2008年の開発以来、10年間継続的に改良されてきた信頼性の高

いシステムでもあります。

本工事では、WIT-B・Fixを活用することで、ブロック据付位置や潜水士の退避状況の確認が的確・迅速に行え、作業サイクルが大幅に短縮されました(作業能力26%の向上)。

これは、元請～下請を含む現場技術者が積極的にICTを理解し、活用することで得られた結果です。建設現場は、多様な経歴や技術を持つ技術者が協働する場所です。ICTに馴染みの薄い技術者には、ICT化に懐疑的な方も存在します。今後ICTを有効に活用するためには、開発側はシステムの高度化に囚われず、現場の視点に立ったシステム開発が重要です。現場技術者は、ICTへの理解を深め、活用効果を適切に現場に反映させることが求められます。

これらの課題を踏まえ、今回紹介した施工管理システムをはじめ、様々なICT活用技術・システムの研究・開発・改良を通して、今後も建設現場の生産性、安全性の向上に寄与していきます。



日本の浚渫技術と世界の実績

五洋建設株式会社
土木本部船舶機械部長 小崎 正弘



今回は、我が国の浚渫に関するこれまでの大きな傾向と、技術開発について紹介します。まずは、日本とアセアン諸国の港湾整備を比較した報告から紹介します。アセアン

諸国は河川港が多い一方、日本の場合は急峻な地形であり、ほとんどの港湾は臨海部に位置しています。このため、浚渫と埋立が同時並行的に進んできたのが日本の特色です。

浚渫船のうち、ポンプ式浚渫船は、第二次世界大戦後の復興期から高度成長期にかけて、多くの堀込港湾が建設された時期に、高いパフォーマンスを発揮し活躍してきました。しかし、1970年代後半から大規模な浚渫工事が少なくなり、航路・運河などの維持浚渫

が主な工事となりました。

そのため、日本埋立浚渫協会加入業者による浚渫土量をみると、浚渫船の保有隻数も1970年をピークに減少し、一方、航路・運河等ではグラブ浚渫船が多く採用され始めました。このグラブ浚渫船に対しては、汚濁防止対策や環境型バケット、水平掘削機能、傾斜掘削機能などの技術が開発され、東日本大震災でも障害物の撤去・回収作業にも活躍しました。

また、沿岸の環境や漁業などへ与える影響から海洋投棄が制限された結果、浚渫土が有効に利用され、人工海岸や人工干潟に使われるケースが増加してきました。さらには、沖合防波堤の背面側浅場に浚渫土を用い、強度の弱いシルト・粘性土はセメントスラリーを添加し圧送管内で混練して埋立工事に再利用するなど、浚渫と埋立を一体化して捉える技術が発展してきました。

最近では、浚渫工事における出来形管理技術としてナローマルチビームや水中ソナー等のICT導入が進み、施工の正確性が格段に向上しています。

今後、東南アジア地域の大規模浚渫・埋立工事においても、日本埋立浚渫協会会員企業としてこれらの技術を用いて様々な問題解決に貢献していきたいと思えます。

ミャンマーにおけるジャケット方式による栈橋構築

東洋建設株式会社
国際支店ティラワ作業所副所長 相川 秀一



目覚ましい経済発展を遂げるミャンマー国の主要港湾であるヤンゴン港ティラワ地区でコンテナターミナルの建設工事が日本の政府開発援助により進められています。このコンテナターミナルの栈橋(L=400m)にはジャケット工法が採用されています。日本国内では羽田D滑走路を含め、急速施工を目的とした震災復興事業等で施工実績が積み重ねられてきています。一方、海外では栈橋構造にジャケット方式を採用したという実績はほとんどありません。

今回、採用されたジャケット工法は、基礎となる鋼管杭を先行打設し、後から鋼管杭にジャケットを差し込む杭先行法です。鋼管杭の径は1,300mm、ジャケットのレグと呼ばれる脚の部分は内径が1,480mm、ス

パーサー等を考慮すると、鋼管杭とジャケットとレグとの隙間はわずか60mmしかありません。当然、鋼管杭の打設には高い精度が要求されます。鋼管杭の1次打設はパイロハンマーで行い、打設中にずれが生じた場合、一旦、杭を引き抜き所定の位置に再打設しました。さらに打設中の位置ずれをできるだけ少なくするために作業船には鋼管杭の位置保持が可能なパイルキーパーを装備しました。こうした工夫を施したことで、打設精度は±30mm以内に9割の鋼管杭が納まるという結果を得ました。

ジャケットの据付には500t吊りの固定式起重機船を用いました。ジャケット1基当たりの重さは245tf、大きさは20m×40m。全部で20基を現場に隣接している仮設ヤードで組み立て、据付を行いました。河川は潮位差が6mと大きく、さらに流速も3m/sと早いことから起重機船の移動は安全を考慮して、アンカーの打換による方法を採用しました。鋼管杭の打設精度が良かったこと、据付に際し綿密な計画を立案したこと等が功を奏し、何のトラブルもなく全てのジャケットを想定よりも早くかつ精度良く据え付けることができました。

以上、海外では希少なジャケット工法による栈橋構築でしたが、日本と同様な高品質なものを提供できたと自負しています。

沈埋函鋼殻内における充填コンクリート打設について

東亜建設工業株式会社

北陸支店 中谷 健登



当事業は、外資コンテナ取扱個数が日本一である東京港において、交通量の需要増大に対応し、円滑な物流を確保するために、お台場周辺地域である有明地区と中央防波

堤地区を繋ぐ全長 2,100m の臨港道路（南北線）を整備する事業です。2,100m の道路のうち海上部 930.8m は沈埋函 7 函で構成されており、その 7 函のうち 2 函が当工事の施工対象です。

今回施工した沈埋函の 1 函当たりの寸法は、延長 134.00m、幅 27.80m、高さ 8.35m であり、陸上で沈埋函の鋼殻を製作した後、岸壁に係留した状態で鋼殻内に充填コンクリートを打設しました。私の当工事での役割は、充填コンクリートの品質管理を主として行い、不良品（規格外品）を排除することでした。

今回、充填コンクリートの打設に当たって、次のこ

とを課題として業務を行いました。本工事では、充填コンクリートの自己充填性を確保し、沈埋函内の未充填部を無くす必要がありましたが、今回使用した充填コンクリートは JIS 規格外品であったことから、製造が難しく、品質がばらつく傾向にありました。そのため、品質管理の工夫としてコンクリートの性状を現場試験およびポンプ車に設置している WEB カメラで確認し、現地で触手にて性状の確認を行い、不良品は返却しました。

また、現場試験とは別に、ポンプ車の配管に設置した単位水量測定装置にて、打設時の単位水量を常時監視し、設計値 $\pm 10\text{kg/m}^3$ を超えたものは現場試験を行いました。加えて、充填コンクリートは現地での待機時間が長くなると、スランプフロー値等の品質が低下するため、配車ピッチの調整にコンクリート打設管理システムを用いて、アジテータ車の出荷・運搬状況、現場到着台数を確認し、現場の打設状況に即した配車を出荷工場と調整しました。それにより、所定の品質を満足し施工を無事に終えることができました。

本工事を通して充填コンクリートの品質管理手法を習得することができました。コンクリートの性状について目視や触手により一定の判断を行うことを経験することで、今後、技術者として活躍していく上で大きな財産を得ました。

海上における維持管理性、耐久性、耐震性の高い PC ラーメン構造の実現について

若築建設株式会社

九州支店 小川 武洋

国土交通省中部地方整備局発注の「平成 27 年度四日市港霞ヶ浦北ふ頭地区道路（霞 4 号幹線）橋梁（P49～P53）上部工事」は、道路橋としては全国で 3 例目と言われる後ラーメン工法が採用されました。本工法は、耐震性に優れた多径間連続ラーメン構造において、橋脚高さが低いほど懸念される剛結橋脚でのコンクリートのクリープ、乾燥収縮、温度変化および弾性短縮による水平変位の影響を低減したものです。

現場施工によるプレストレストコンクリート構造物は、工場製作と違い、現場でコンクリートを打設し硬化を確認後、各種ケーブルを緊張しプレストレスを導入します。



主桁は、プレストレスが導入されると水平方向にコンクリートが短縮する弾性変形を起こします。また、材齢を重ねることで、コンクリートの乾燥収縮およびプレストレスによるクリープが進行し、水平変位が増大していきます。本橋のように橋脚高が低い連続ラーメン橋の場合は、上部工の水平変位により橋脚に大きな断面力が発生するため、ラーメン構造として成立しにくい条件となっています。（通常、ラーメン構造とする場合、固定支間長の 1/8 程度の橋脚の橋脚高さが必要とされるが、本橋では 1/18～1/63 程度の橋脚高さでした。）

そこで、最も橋脚高さが低い橋脚の下部工と上部工の間にスライド沓（仮沓）を設けて上下部工の縁を切りすべらせる事で施工期間（待機期間）中に発生する水平変位を吸収し、橋脚に発生する断面力を低減させ、水平変位がある程度進行した後に上下部工を剛結するという後ラーメン工法の施工を行いました。

曲率半径が小さい線形での後ラーメン工法の採用は、国内で初めての施工であったため、後ラーメン化待機期間中は発注者および設計会社を交えて、水平変位量の進行具合および後ラーメン部の剛結時期の把握に努めて、綿密な計測管理のもとに後ラーメン工法を無事完了することができました。